

## КОМПЬЮТЕРНЫЙ НЕЙРОИМИТАТОР ВНУТРЕННИХ НЕЗАРАЗНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЖИВОТНЫХ

**БОРИСЕВИЧ М.Н.**

Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины, г. Витебск, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2017. – Том 16, №6. – С. 125-130.

## COMPUTER NEUROIMITATOR OF INTERNAL NONCONTAGIOUS DISEASES OF ANIMALS

**BORISEVICH M.N.**

Vitebsk State Awarded the «Badge of Honour» Order Veterinary Medicine Academy, Vitebsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2017;16(6):125-130.

---

### Резюме.

Цель статьи – краткое описание нейроимитатора внутренних незаразных болезней животных, являющегося частью компьютерного программно-аналитического дистанционного комплекса нейросетевой диагностики, созданного в Витебской академии ветеринарной медицины и функционирующего на базе современных телекоммуникационных и нейросетевых технологий.

Метод исследования – объектно-ориентированное программирование многомодульных нейронных сетей переменной структуры с последовательными связями.

Результаты исследования – действующий программный модуль нейроимитатора внутренних незаразных болезней животных.

Выполненные исследования показали возможность использования нейросетевых технологий для решения задач диагностики в животноводстве (на примере диагностики воспаления перикарда у мелких животных). Сеть продемонстрировала высокую точность при обнаружении воспаления перикарда и дала только 2 случая ложной тревоги. В связи с этим можно заключить, что использование нейросетевых подходов позволяет значительно усовершенствовать процесс диагностики в животноводстве, заметно повысив чувствительность существующих методов и алгоритмов.

*Ключевые слова: нейронные сети, нейроимитатор, компьютер, нейросетевые и компьютерные технологии.*

### Abstract.

The purpose of this article is a brief description of neuroimitator of internal noncontagious diseases of animals that is a part of computer software and analytical complex for remote diagnosis of neural network created in the Vitebsk Academy of Veterinary Medicine and operating on the basis of modern telecommunication and neural network technologies.

Research method is object-oriented programming of multi-module neural networks of variable structure with serial communications.

The results of the study are the current software module of neuroimitator of internal noncontagious diseases of animals. The studies performed have shown the possibility of using neural network technology for solving diagnostic problems in live-stock breeding (for example, the diagnosis of the pericardium inflammation in small animals). The network has demonstrated high accuracy in detection of the pericardium inflammation, and has given only 2 cases of false alarm. In this connection, we can conclude that the use of neural network approaches allows to significantly improve the diagnostic process in live-stock farming, markedly increasing the sensitivity of existing methods and algorithms.

*Key words: neural networks, neuroimitator, computer, neural network and computer technologies.*

В последние годы неявные задачи диагностики явились идеальным полем для применения нейросетевых технологий (особенно в медицине), и именно в этой области сегодня наблюдается наиболее яркий практический успех новых нейроинформационных подходов [1-3].

Принцип работы нейронных сетей напоминает (хотя и в очень примитивном виде) взаимодействие клеток нервной системы (нейронов), осуществляющих взаимодействие через специальные синаптические связи.

Будучи совокупностью нейронов, нейросети являются основой работы всех нейрокомпьютерных программ. При этом получая на входе некоторый сигнал, они способны после прохода его по нейронам выдавать на выходе определенный ответ, зависящий от весовых коэффициентов нейронов.

Использование нейросетевых технологий в диагностике заболеваний животных является сложной задачей, требующей строгого анализа больших объемов информации. В этой связи разработка и создание универсальных нейроимитаторов удобна лишь при начальном анализе, когда выявляются основные взаимосвязи между исследуемыми величинами и определяется необходимая структура нейронных сетей, проводящих диагностику.

Цель статьи – краткое описание компьютерного нейроимитатора внутренних незаразных болезней животных, являющегося частью компьютерного программно-аналитического дистанционного комплекса нейросетевой диагностики заболевания животных, созданного в Витебской академии ветеринарной медицины и функционирующего на базе современных Интернет-технологий и нейросетевых подходов [4-7].

Компьютерный нейроимитатор внутренних незаразных болезней животных предназначен для имитации заболеваний с помощью технологий многомодульных искусственных нейронных сетей [8-13].

## Материал и методы

С их участием разработан программный продукт, обладающий специализированным инструментарием, используемым для полномасштабного изучения задач диагностики. Нейроимитатор обладает всеми необходимыми свойствами построения специфичных нейронных сетей.

Одним из его важнейших свойств является наличие конфигурационного класса, позволяющего изменять структуру каждого нейрона в любом месте нейронной сети (конфигурационный класс содержит информацию о виде активационной функции и о численном значении ее коэффициентов). Использование такого класса дает возможность создавать активные нейронные сети с различной структурой нейронов.

Структура выбранной нейронной сети определяется нейропарадигмой «Обратное распространение ошибки».

## Результаты

Для проектирования нейроимитатора выбраны многомодульные нейронные сети переменной структуры с последовательными связями. Количество нейронов входного слоя соответствует количеству симптомов заболевания (признаки кодируются булевыми значениями, вектор признаков подается на вход нейронной сети).

Выходной слой состоит из нескольких нейронов, определяющих диагностируемый класс заболеваний. Количество скрытых слоев и количество нейронов в этих слоях настраивается в процессе отладки всей системы. Число нейронных сетей в конфигурации соответствует числу классов заболеваний.

Структура сети реализована в отдельном программном модуле, вследствие чего обращение к ней осуществляется с помощью функций интерфейсного класса. Благодаря модульности реализуется также возможность подключения к нему других диагностируемых классов заболеваний, в основе которых лежат более сложные нейропарадигмы. В общей сложности все это обеспечивает возможность построения различных структур нейронных сетей в модуле, для хранения которых предусмотрен банк нейроимитаторных данных.

Кроме того, в нейроимитаторе заложена возможность подключения блоков предварительной статистической обработки информации. Она включает в себя дискриминантный, факторный, регрессионный, дисперсионный и другие методы статистического анализа (блок предварительной обработки необходим для выделения значимых симптомов, а также группировки симптоматики больного животного относительно выставленного диагноза).

Для обучения нейронной сети использова-

лась обучающая выборка (задачник), состоящая из примеров (в качестве входных параметров в одном примере использовались данные обследования одного животного, диагноз являлся заранее известным ответом в примере). Задачник располагается в банке нейросетевых данных, каждая запись которого является примером.

Для обучения сети применялся метод обратного распространения ошибки. Однако из-за неравномерности выборки (повышенной частоты встречаемости одного из диагностируемых классов) могло произойти смещение оптимизации в сторону неэффективного локального минимума. Это привело бы к значительному замедлению и даже параличу сети. Для избежания данной проблемы оказалось целесообразным уравнивать вероятности подачи образов всех диагностируемых классов обучающей выборки. Достигалось это путем произвольной выборки класса, а затем и произвольной выборки обучающей пары. Вследствие этого нейронная сеть смогла обучаться равномерно по всем классам заболеваний. Введенная модификация обеспечила значительное повышение скорости (почти в 2 раза) и значительное повышение процента обученности нейронной сети для случая неравномерной выборки.

## Обсуждение

Опыт применения нейронной сети для различных классов заболеваний показывает, что в подавляющем большинстве случаев 25% ее обучающих параметров может быть исключено из общего списка без уменьшения ее надежности (последнее обстоятельство подтверждает гипотезу об априорной избыточности данных в задачах ветеринарной диагностики и прогнозирования, с которыми приходится сталкиваться врачу ветеринарной медицины). В связи с этим для минимизации набора входных обучающих параметров сети разработан специальный метод, позволяющий выявить относительную значимость входных параметров (он может представлять собой как самостоятельный интерес, так и служить для последующих минимизаций при разработке и создании новых структур нейронных сетей). Суть метода заключается в следующем. Включается несколько циклов обучения нейронной сети с заранее завышенным уровнем надежности и внесением в матрицу синапсов случайного вклада после прохождения каждого цикла. При прохождении циклов подсчитываются градиенты по входным

сигналам, подаваемым на нейронную сеть, затем они сравниваются (двумя различными способами по выбору пользователя программы).

Первый способ рассчитывает значимость каждого параметра как максимальное значение модуля градиента по всем примерам. Этот режим полезно применять в тех случаях, когда в обучающей выборке имеются примеры, «выбивающиеся» из общей массы, и могущие существенно повлиять на принятие решения об ответе.

Второй способ рассчитывает значимость каждого параметра как среднюю величину модуля градиента по всем примерам обучающей выборки. Результат применения этого метода показывает среднюю значимость параметров по всей обучающей выборке. Если в обучающей выборке имеются примеры, «выбивающиеся» из общей массы и могущие существенно влиять на принятие решения об ответе, то влияние таких примеров на значимость параметров будет нивелироваться. Способ полезно применять в тех случаях, когда обучающая выборка достаточно однородна и необходимо, чтобы возможные «выбивающиеся» примеры существенно не влияли на оценку значимости параметров. Результатом применения метода является набор значений, каждое из которых соответствует определенному входному параметру и сравнивается с остальными.

Применение описанного метода имеет особую ценность для практического применения нейросети в проектируемой экспертной системе (метод позволяет уменьшать набор входных параметров, подаваемых нейросети для получения ответа; в связи с этим следует особо подчеркнуть, что часто в животноводстве для диагностики назначаются сложные и дорогостоящие приемы исследования, порой небезвредные для здоровья животного, однако, как показывает описанный подход, во многих из них представляется возможным получить ответ и без них).

Сеть была обучена на 170 примерах, при которых в качестве входных параметров в каждом примере использовался комплекс из 30 признаков для каждого наблюдения, а заранее известным ответом был уже установленный диагноз. В процессе обучения выполнялась корректировка весовых коэффициентов для того, чтобы общая ошибка между выходом сети и требуемым ответом была минимальной.

Качество обучения сети показано на рисунок 1, где  $n$  – количество циклов обучения,  $e$  – погрешность определения анализов.

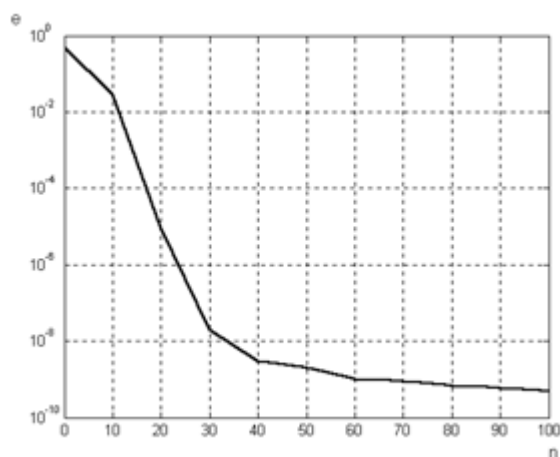


Рисунок 1 – Зависимость величины ошибки используемой многослойной нейронной сети от количества циклов обучения.

Для того чтобы оценить способность нейросети обобщать полученные данные и делать правильные выводы, после завершения процесса обучения было проведено тестирование системы. Использовалось 27 примеров воспаления перикарда у мелких животных (щенков небольших пород), которые не предъявлялись сети во время обучения.

В программу были введены все параметры каждого случая по описанным тридцати признакам. Из предъявленных для тестирования примеров 25 были распознаны правильно, что составило 93%. Два случая воспаления перикарда были расценены сетью как другие заболевания. После добавления этих примеров в качестве обучающих совпадение диагнозов составило 100%.

Программа включает в себя четыре компонента, взаимодополняющие друг друга: компонент для визуального проектирования структурных моделей и топологии нейронных сетей; компонент для обучения и проверки адекватности нейронных модулей к набору реальных данных; компонент анализа и компонент для встраивания программы в другие программные проекты и офисные приложения.

Все компоненты используют один и тот же формат данных для представления нейронных сетей, совместимый с CSV форматом электронных таблиц EXCEL. Программный пакет реализован на языке Visual C++ и предназначен для использования в операционной системе WINDOWS. Все компоненты пакета используют общую динамически подключаемую библиотеку (DLL), а также системную библиотеку MFC42. Пакет может

быть установлен на платформах не ниже Intel486, Pentium с объемом оперативной памяти 256 Мб.

Нейронная сеть реализуется как ансамбль связанных нейронных модулей. Все компоненты пакета поддерживают механизм виртуальной памяти, что позволяет довести общее число синаптических весов до внушительной цифры 250 млн. (теоретическая оценка). Функции разработанной DLL-библиотеки обеспечивают для всех компонент операции чтения, сохранения и графического отображения нейронных структур, а также другие общие ресурсы. DLL-библиотека оформлена в виде отдельного модуля, который подключается к любой из компонент только на этапе выполнения, это позволяет существенно уменьшить дисковое пространство, занимаемое программой. Компоненты имеют встроенное руководство пользователя, оформленное в виде набора гипертекстовых ссылок.

Для нейросетевого анализа использовались данные за 3 года (1999-2001 гг.). Центральная база диагностических данных была представлена 2264 записями о больных животных, 198 из них – с диагнозом воспаления перикарда (для щенков небольших пород).

Исходная матрица наблюдений содержала входную информацию о симптомах заболевания. Поскольку содержащаяся в центральной базе данных информация сильно различалась по диапазону значений, то для улучшения работоспособности нейронной сети все записи были нормированы в одном интервале от нуля до единицы.

Диагноз ставился нейронной сетью в среде описанной выше программы. На вход сети подается ряд признаков: наличие симптомов заболеваний и показатели анализа крови (при необходимости). На выходе получаем диагноз.

По результатам диагноза и индивидуальным особенностям больного животного подбирается схема лечения и рассчитываются дозы препаратов (расчет дозы выполняется для определенного веса животного с ориентацией на показатели крови). Все данные хранятся в банке нейросетевых данных (рис. 2), реализованном в среде Visual C++.

## Заключение

Проведенные исследования показали возможность использования нейросетевых технологий для решения задач диагностики в животноводстве (на примере диагностики воспаления



Рисунок 2 – Структура банка нейросетевых данных.

перикарда у мелких животных). Сеть продемонстрировала высокую точность при обнаружении воспаления перикарда и дала только 2 случая ложной тревоги. Использование нейросетевой технологии может значительно усовершенствовать процесс диагностики в животноводстве, повысив при этом чувствительность существующих подходов и методов.

## Литература

1. Комарцова, Л. Г. Нейрокомпьютеры / Л. Г. Комарцова, А. В. Максимов. – М. : Изд-во МГТУ им. М. Э. Баумана, 2004. – 400 с.
2. Галушкин, А. И. Нейронные сети: основы теории / А. И. Галушкин. – М. : Горячая линия - Телеком, 2012. – 480 с.
3. Тархов, Д. А. Нейронные сети: модели и алгоритмы / Д. А. Тархов. – М. : Радиотехника, 2005. – 256 с.
4. Борисевич, М. Н. Автоматизация технологических процессов в ветеринарной медицине / М. Н. Борисевич. – Витебск : ВГАВМ, 2006. – 248 с.
5. Борисевич, М. Н. Информационные технологии в ветеринарной медицине / М. Н. Борисевич. – Витебск : ВГАВМ, 2007. – 548 с.
6. Борисевич, М. Н. Автоматизация дистанционной диагностики заболевания животных / М. Н. Борисевич // Техника в сел. хоз-ве. – 2006. – № 6. – С. 14–16.
7. Борисевич, М. Н. Коммуникационная система по сбору и переработке информации в ветеринарии / М. Н. Борисевич // Вестн. Рос. акад. с.-х. наук. – 2004. – № 5. – С. 17–18.
8. Ежов, А. А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе / А. А. Ежов, С. А. Шумский. – М. : МИФИ, 1998. – 222 с.
9. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2006. – 1104 с.
10. Kosko, B. Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence / B. Kosko. – New Jersey, USA, 1992.
11. Головкин, В. А. Нейронные сети: обучение, организация и применение : учеб. пособие для вузов. Кн. 4 / В. А. Головкин. – М. : Радиотехника, 2001. – 256 с.
12. Яхьяева, Г. Э. Основы теории нейронных сетей / Г. Э. Яхьяева. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 316 с.
13. Круглов, В. В. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети : учеб. пособие / В. В. Круглов, М. И. Длин, Р. Ю. Голунов. – М. : Физматлит, 2001. – 224 с.

Поступила 05.09.2017 г.  
Принята в печать 04.12.2017 г.

## References

1. Komartsova LG, Maksimov AV. Neurocomputers. Moscow, RF: Izd-vo MG TU im ME Bauman; 2004. 400 p. (In Russ.)
2. Galushkin AI. Neural networks: theory bases. Moscow, RF: Goriachaia linia - Telekom; 2012. 480 p. (In Russ.)
3. Tarkhov DA. Neural networks: models and algorithms. Moscow, RF: Radiotekhnika; 2005. 256 p. (In Russ.)
4. Borisevich MN. Automation of technological processes in veterinary medicine. Vitebsk, RB: VGAVM; 2006. 248 p. (In Russ.)
5. Borisevich MN. Information technologies in veterinary medicine. Vitebsk, RB: VGAVM; 2007. 548 p. (In Russ.)
6. Borisevich MN. Automation of distant diagnosis of a disease of animals. Tekhnika Sel Khoz-ve. 2006;(6):14-6. (In Russ.)
7. Borisevich MN. Communications system on collection and processing of information in veterinary science. Vestn Ros Akad. S-Kh Nauk. 2004;(5):17-8. (In Russ.)
8. Ezhov AA, Shumskiy SA. Neurocomputing and its applications in economy and business. Moscow, RF: MIFI; 1998. 222 p. (In Russ.)
9. Khaykin S. Neural networks: full course. 2-e izd. Moscow, RF: Vil'iams; 2006. 1104 p. (In Russ.)

10. Kosko, B. Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence. New Jersey, USA; 1992.
11. Golovko VA. Neural networks: training, organization and application: ucheb posobie dlia vuzov. Kn 4. Moscow, RF: Radiotekhnika; 2001. 256 p. (In Russ.)
12. Yakh"yaeva GE. Bases of the theory of neural networks. Moscow, RF: Internet-Universitet Informatsionnykh Tekhnologii; BINOM. Laboratoriia znani; 2006. 316 p. (In Russ.)
13. Kruglov VV, Dli MI, Golunov RYu. Fuzzy logic and artificial neural networks: ucheb posobie. Moskva, RF: Fizmatlit; 2001. 224 p. (In Russ.)

Submitted 05.09.2017

Accepted 04.12.2017

**Сведения об авторах:**

Борисевич М.Н. – к.физ.-мат.н., доцент, заведующий кафедрой компьютерного образования, Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины.

**Information about authors:**

*Borisevich M.N. – Candidate of Physicomathematical Sciences, associate professor, head of the Chair of Computer Education, Vitebsk State Awarded the «Badge of Honour» Order Veterinary Medicine Academy.*

**Адрес для корреспонденции:** Республика Беларусь, 210026, г. Витебск, ул. 1-я Доватора, 7/11, Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины, кафедра компьютерного образования. E-mail: komputeryvsavm@tut.by – Борисевич Михаил Николаевич.

**Correspondence address:** Republic of Belarus, 210026, Vitebsk, 7/11 the 1st Dovator str., Vitebsk State Awarded the «Badge of Honour» Order Veterinary Medicine Academy, Chair of Computer Education. E-mail: komputeryvsavm@tut.by – Mikhail N. Borisevich.